

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-51243
(P2001-51243A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	デモコード* (参考)
G 0 2 F 1/03	5 0 2	G 0 2 F 1/03	5 0 2 2 H 0 7 9
H 0 4 J 14/00		H 0 4 B 9/00	E 5 K 0 0 2
14/02			

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-223913

(22) 出願日 平成11年8月6日 (1999.8.6)

(71) 出願人 000003821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 増田 浩一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 山本 浩明

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100098291

弁理士 小笠原 史朗

F ターム (参考) 2H079 AA02 BA01 CA04 HA07

5K002 AA01 AA03 BA04 CA16 CA17

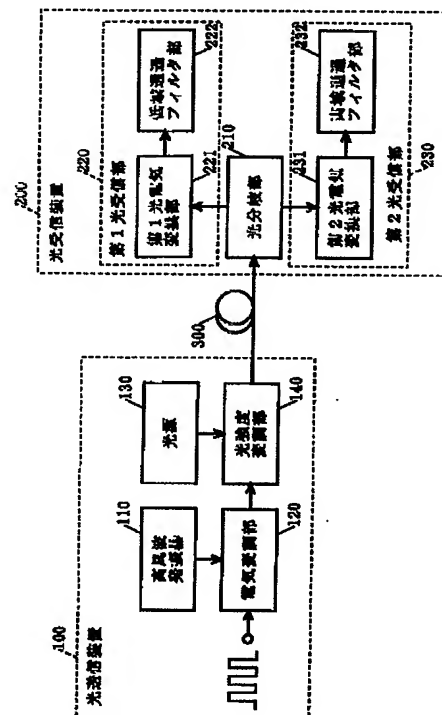
DA05 DA21 FA01

(54) 【発明の名称】 光伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 サブキャリア光伝送により、ベースバンド信号及び高周波信号両方を同一の光源を用いて同時に伝送できる光伝送装置を提供することである。

【解決手段】 電気変調部120は、高周波発振器110からの副搬送波を、入力電気信号で変調する。光強度変調部140は、所定のバイアス点を基準として動作し、光源130からの主搬送波の強度を、前記電気変調部120からの変調電気信号で変調する。ここで、所定のバイアス点は、光強度変調部140からの出力光パワーが最大時の半分になる電圧値と異なる。光ファイバ300中の伝送された光信号は光分岐部210により2分岐される。第1光受信部220は、分岐された一方の光信号を第1電気信号に変換した後に、伝送すべき電気信号のみを抽出する。第2光受信部230は、分岐された他方の光信号を第2電気信号に変換した後に、電気変調部120で生成された変調電気信号のみを抽出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 伝送すべき電気信号を乗せた副搬送波で変調された主搬送波を、光送信装置から光受信装置へと光伝送路を通じて伝送する光伝送装置であって、前記光送信装置は、

高周波信号を発振して、当該高周波信号を前記副搬送波として出力する高周波発振器と、

外部から入力された伝送すべき電気信号で、前記高周波発振器から出力された副搬送波を変調して、変調電気信号を生成する電気変調部と、

前記主搬送波を出力する光源と、

所定のバイアス点が設定されており、前記光源から出力された主搬送波の強度を、前記電気変調部から出力された変調電気信号で変調して、光信号を生成する光強度変調部とを備え、

前記光強度変調部により生成された光信号は、前記光伝送路中を伝送され、

前記光受信装置は、

前記光伝送路中を伝送されてくる光信号を、少なくとも2分岐する光分岐部と、

前記光分岐部により分岐された一方の光信号を、第1電気信号に変換する第1光電気変換部と、

第1の光電気変換部により変換された第1電気信号から低域成分のみを抽出して、伝送すべき電気信号を得る低域通過フィルタ部と、

前記光分岐部により分岐された他方の光信号を、第2電気信号に変換する第2光電気変換部と、

第2の光電気変換部により変換された第2電気信号から高域成分のみを抽出して、前記電気変調部で生成された変調電気信号を得る高域通過フィルタ部とを備え、

前記所定のバイアス点は、前記光強度変調部からの出力光パワーが最大時の半分になる電圧値と異なる、光伝送装置。

【請求項2】 前記光受信装置は、前記高域通過フィルタ部から出力された変調電気信号を空間に放射するアンテナ部をさらに備える、請求項1に記載の光伝送装置。

【請求項3】 前記電気信号はデジタル情報であって、

前記電気変調部は、前記高周波発振器から出力された副搬送波を、伝送すべきデジタル情報でオンオフキーイングする、請求項1に記載の光伝送装置。

【請求項4】 前記伝送すべき電気信号は、アナログ情報をアナログ-デジタル変換することにより得られるデジタル情報である、請求項1に記載の光伝送装置。

【請求項5】 前記電気変調部には、前記高周波発振器の発振周波数よりも低い周波数の搬送波を、伝送すべき情報で変調した信号が、前記伝送すべき電気信号として入力される、請求項1に記載の光伝送装置。

【請求項6】 前記電気変調部には、前記高周波発振器の発振周波数よりも低い周波数の搬送波を、伝送すべき

情報で変調した複数の信号を多重化した多重化信号が、前記伝送すべき電気信号として入力される、請求項1に記載の光伝送装置。

【請求項7】 前記複数の信号は、周波数分割多重方式、符号分割多重方式、時分割多重方式のいずれかで多重化される、請求項6に記載の光伝送装置。

【請求項8】 伝送すべき電気信号を乗せた副搬送波で変調された主搬送波を、光送信装置から光受信装置へと光伝送路を通じて伝送する光伝送装置であって、

前記光送信装置は、

高周波信号を発振して、当該高周波信号を前記副搬送波として出力する高周波発振器と、

外部から入力された伝送すべき電気信号で、前記高周波発振器から出力された副搬送波を変調して、変調電気信号を生成する電気変調部と、

前記主搬送波を出力する光源と、

所定のバイアス点が設定されており、前記光源から出力された主搬送波の強度を、前記電気変調部から出力された変調電気信号で変調して、光信号を生成する光強度変調部と、

前記光強度変調部により生成された光信号を、少なくとも2分岐する光分岐部とを備え、

前記光分岐部により生成された光信号はそれぞれ、前記光伝送路中を伝送され、

前記光受信装置は、

前記光伝送路中を伝送されてくる一方の光信号を、第1電気信号に変換する第1光電気変換部と、

第1の光電気変換部により変換された第1電気信号から低域成分のみを抽出して、伝送すべき電気信号を得る低域通過フィルタ部と、

前記光伝送路中を伝送されてくる他方の光信号を、第2電気信号に変換する第2光電気変換部と、

第2の光電気変換部により変換された第2電気信号から高域成分のみを抽出して、前記電気変調部で生成された変調電気信号を得る高域通過フィルタ部とを備え、

前記所定のバイアス点は、前記光強度変調部からの出力光パワーが最大時の半分になる電圧値と異なる、光伝送装置。

【請求項9】 伝送すべき電気信号を乗せた副搬送波で変調された主搬送波を、光送信装置から光受信装置へと光伝送路を通じて伝送する光伝送装置であって、

前記光送信装置は、

高周波信号を発振して、当該高周波信号を前記副搬送波として出力する高周波発振器と、

外部から入力された伝送すべき電気信号で、前記高周波発振器から出力された副搬送波を変調して、変調電気信号を生成する電気変調部と、

前記主搬送波を出力する光源と、

所定のバイアス点が設定されており、前記光源から出力された主搬送波の強度を、前記電気変調部から出力され

た変調電気信号で変調して、光信号を生成する光強度変調部とを備え、
 前記光強度変調部により生成された光信号は、前記光伝送路中を伝送され、
 前記光受信装置は、
 前記光伝送路中を伝送されてくる光信号を、電気信号に変換する光電気変換部と、
 前記光電気変換部により変換された電気信号を少なくとも2分岐する分岐部と、
 前記分岐部により分岐された一方の電気信号から低域成分のみを抽出して、伝送すべき電気信号を得る低域通過フィルタ部と、
 前記分岐部により分岐された他方の電気信号から高域成分のみを抽出して、前記電気変調部で生成された変調電気信号を得る高域通過フィルタ部とを備え、
 前記所定のバイアス点は、前記光強度変調部からの出力光パワーが最大時の半分になる電圧値と異なる、光伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝送装置に関し、より特定的には、電気信号を乗せた高周波搬送波（副搬送波）で、主搬送波（無変調光）の強度を変調して生成された光信号を伝送する光伝送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】情報を光に乗せて伝送する光伝送は、低損失・広帯域性から将来の高速通信網に広く用いられると、期待されている。例えば、ベースバンド信号を光伝送するための光伝送装置（以下、第1光伝送装置と称する）や、電気的な高周波信号を光伝送するための光伝送装置（以下、第2光伝送装置と称する）等が提案されている。以下、これらの2つの光伝送装置に関して、図面を参照して具体的に説明する。

【0003】まず、第1光伝送装置について説明する。図6は、第1光伝送装置の典型的な構成を示すブロック図である。図6において、第1光伝送装置は、光源610と、光ファイバ620と、光電気変換部630とを備える。光源610から出力される光信号の強度は、入力されたベースバンド信号により変調される。この光信号は、光ファイバ620中を伝送された後、光電気変換部630で光電気変換され、これによって、元のベースバンド信号が得られる。

【0004】次に、第2光伝送装置について説明する。近年、携帯電話又はPHS(Personal Handyphone System)等の無線サービスが急速に拡大している。そのため、より一層高い周波数の利用が検討されており、概ね30GHz～300GHzのミリ波帯を利用したマイクロセルシステム又はピコセルシステムが検討されつつある。かかるセルシステムを適用した無線通信システムでは、町中に多数の無線基地局が設置される。そのため、無線

基地局は、小型かつ安価であることが要求される。そこで、無線通信システムには、研究・開発が近年盛んに行われているサブキャリア光伝送方式が採用される場合がある。サブキャリア光伝送方式に関しては、例えば、“Microwave and millimeter-wave fiber optic technologies for subcarrier transmission systems”(Hiroyo Oga wa, IEICE Transactions on Communications, Vol. E76-B, No.9, pp1078-1090, September, 1993)に詳しく記述されている。

【0005】図7は、サブキャリア光伝送方式を採用した第2光伝送装置の典型的な構成を示すブロック図である。図7において、第2光伝送装置は、高周波発振器710と、電気変調部720と、光源730と、光強度変調部740と、光ファイバ750と、光受信装置760とを含む。高周波発振器710は、予め定められた高周波数の副搬送波を電気変調部720に出力する。電気変調部720には、伝送すべき電気信号としてのベースバンド信号が入力される。電気変調部720は、副搬送波をベースバンド信号で変調して、変調信号を生成する。変調信号は、光強度変調部740に出力される。光源730は、典型的には半導体レーザで構成されており、予め定められた光周波数の主搬送波を発振する。主搬送波は光強度変調部740に出力される。光強度変調部740は、典型的にはマッハツェンダ型の構成を有する。ここで、光強度変調部740のバイアス点は、図8に示すように、光出力パワーが最大透過時の半分になる電圧値（ $=\pi/2$ ）に設定されている。光強度変調部740は、入力された主搬送波の強度を、電気変調部720からの変調信号で変調して、光信号を生成する。光信号は、光ファイバ750中を伝送され、光受信装置760に入力される。光受信装置760は、まず、光電気変換を行って、入力された光信号を、その強度変調成分を含む電気信号に変換する。その後、周波数変換が行われ、変換された電気信号が中間周波数帯のものにダウンコンバートされる。周波数変換された電気信号は、ベースバンド信号の情報に復調される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述の第1光伝送装置（図6参照）は、デジタル情報のベースバンド信号を有線で伝送するためによく用いられる。一方、第2光伝送装置（図7参照）は、無線通信システムに適用されることが検討されている。このように、第1及び第2光伝送装置は、互いに用途が異なるので、別々のシステムとして検討されており、ベースバンド信号及び高周波の電気信号両方を同時に光伝送する光伝送装置については、さほど検討されていなかった。しかし、波長多重技術を用いれば、かかる光伝送装置を構築できる。つまり、図6の光源610から出力される光信号と、図7の光強度変調部740から出力される光信号とを送信側において波長多重する。これによって得られる波長多重信号は、

光ファイバ中を伝送され、光受信側で分離された後、別個に光電気変換され、これによって、受信側は、両方の信号が同時に得られる。しかしながら、波長多重技術を適用した光伝送装置は、光受信側で正確に波長多重された光信号を分離しなければならないため、送信側が互いに発振波長の異なる複数の光源を必要とするので、当該光伝送装置の構築には相当のコストを要するという問題点があった。

【0007】それ故に、本発明の目的は、ベースバンド信号及び高周波信号両方を単一の光源を用いて同時に光伝送できる光伝送装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段および発明の効果】第1の発明は、伝送すべき電気信号を乗せた副搬送波で変調された主搬送波を、光送信装置から光受信装置へと光伝送路を通じて伝送する光伝送装置であって、光送信装置は、高周波信号を発振して、当該高周波信号を副搬送波として出力する高周波発振器と、外部から入力された伝送すべき電気信号で、高周波発振器から出力された副搬送波を変調して、変調電気信号を生成する電気変調部と、主搬送波を出力する光源と、所定のバイアス点が設定されており、光源から出力された主搬送波の強度を、電気変調部から出力された変調電気信号で変調して、光信号を生成する光強度変調部とを備え、光強度変調部により生成された光信号は、光伝送路中を伝送され、光受信装置は、光伝送路中を伝送されてくる光信号を、少なくとも2分岐する光分岐部と、光分岐部により分岐された一方の光信号を、第1電気信号に変換する第1光電気変換部と、第1の光電気変換部により変換された第1電気信号から低域成分のみを抽出して、伝送すべき電気信号を得る低域通過フィルタ部と、光分岐部により分岐された他方の光信号を、第2電気信号に変換する第2光電気変換部と、第2の光電気変換部により変換された第2電気信号から高域成分のみを抽出して、電気変調部で生成された変調電気信号を得る高域通過フィルタ部とを備え、所定のバイアス点は、光強度変調部からの出力光パワーが最大時の半分になる電圧値と異なる。

【0009】第1の発明では、光強度変調部の駆動バイアス点が、その出力光パワーが最大時の半分になる電圧値からずれているので、光信号には、伝送すべき電気信号の成分と、変調電気信号の成分とが含まれる。そのため、低域通過フィルタ部は、伝送すべき電気信号の成分を抽出することができ、高域通過フィルタ部は、変調電気信号の成分を抽出することができる。このように、光受信装置は、伝送すべき電気信号および変調電気信号を同時に得ることができる。また、光送信装置は、1個の光源のみを用いて、両方の信号を光受信装置に同時に光伝送することができるので、光伝送装置を低コストで構築することができる。

【0010】第2の発明は第1の発明に従属しており、

光受信装置は、高域通過フィルタ部から出力された変調電気信号を空間に放射するアンテナ部をさらに備える。上記変調電気信号は、高周波発振器が発振する高周波の副搬送波を基に生成されるので、無線伝送に好適である。そこで、第2の発明では、高域通過フィルタ部の後段にアンテナ部を設置することにより、本光送受信装置と無線伝送システムとを容易に接続することができる。

【0011】第3の発明は第1の発明に従属しており、電気信号はデジタル情報であって、電気変調部は、高周波発振器から出力された副搬送波を、伝送すべきデジタル情報でオンオフキーイングする。第3の発明によれば、デジタル情報でオンオフキーイングすることにより、変調電気信号が生成されるので、高品質な情報を伝送することができる。

【0012】第4の発明は第1の発明に従属しており、伝送すべき電気信号は、アナログ情報をアナログーデジタル変換することにより得られるデジタル情報である。第4の発明によれば、伝送すべきアナログ情報がデジタル情報に変換されているので、高品質な情報を伝送することができる。

【0013】第5の発明は第1の発明に従属しており、電気変調部には、高周波発振器の発振周波数よりも低い周波数の搬送波を、伝送すべき情報で変調した信号が、伝送すべき電気信号として入力される。第5の発明によれば、伝送すべき電気信号が、上記のような信号の場合、光受信装置は、伝送すべき情報を乗せた低周波の搬送波と、これで副搬送波を変調した信号とが得られる。これによって、光伝送装置は、変調方式によらない光伝送が可能となる。

【0014】第6の発明は第1の発明に従属しており、電気変調部には、高周波発振器の発振周波数よりも低い周波数の搬送波が、伝送すべき情報で変調された複数の信号を多重化した多重化信号が、伝送すべき電気信号として入力される。第7の発明は第6の発明に従属しており、予め定められた多重化方式は、周波数分割多重方式、符号分割多重方式、時分割多重方式のいずれかで、複数の信号は多重化される。第6または第7の発明によれば、光送信装置は、多数の情報を光伝送することができる。

【0015】第8の発明は、伝送すべき電気信号を乗せた副搬送波で変調された主搬送波を、光送信装置から光受信装置へと光伝送路を通じて伝送する光伝送装置であって、光送信装置は、高周波信号を発振して、当該高周波信号を副搬送波として出力する高周波発振器と、外部から入力された伝送すべき電気信号で、高周波発振器から出力された副搬送波を変調して、変調電気信号を生成する電気変調部と、主搬送波を出力する光源と、所定のバイアス点が設定されており、光源から出力された主搬送波の強度を、電気変調部から出力された変調電気信号で変調して、光信号を生成する光強度変調部と、光強度

変調部により生成された光信号を、少なくとも2分岐する光分岐部とを備え、光分岐部により生成された光信号はそれぞれ、光伝送路中を伝送され、光受信装置は、光伝送路中を伝送されてくる一方の光信号を、第1電気信号に変換する第1光電気変換部と、第1の光電気変換部により変換された第1電気信号から低域成分のみを抽出して、伝送すべき電気信号を得る低域通過フィルタ部と、光伝送路中を伝送されてくる他方の光信号を、第2電気信号に変換する第2光電気変換部と、第2の光電気変換部により変換された第2電気信号から高域成分のみを抽出して、電気変調部で生成された変調電気信号を得る高域通過フィルタ部とを備え、所定のバイアス点は、光強度変調部からの出力光パワーが最大時の半分になる電圧値と異なる。

【0016】第9の発明は、伝送すべき電気信号を乗せた副搬送波で変調された主搬送波を、光送信装置から光受信装置へと光伝送路を通じて伝送する光伝送装置であって、光送信装置は、高周波信号を発振して、当該高周波信号を副搬送波として出力する高周波発振器と、外部から入力された伝送すべき電気信号で、高周波発振器から出力された副搬送波を変調して、変調電気信号を生成する電気変調部と、主搬送波を出力する光源と、所定のバイアス点が設定されており、光源から出力された主搬送波の強度を、電気変調部から出力された変調電気信号で変調して、光信号を生成する光強度変調部とを備え、光強度変調部により生成された光信号は、光伝送路中を伝送され、光受信装置は、光伝送路中を伝送されてくる光信号を、電気信号に変換する光電気変換部と、光電気変換部により変換された電気信号を少なくとも2分岐する分岐部と、分岐部により分岐された一方の電気信号から低域成分のみを抽出して、伝送すべき電気信号を得る低域通過フィルタ部と、分岐部により分岐された他方の電気信号から高域成分のみを抽出して、電気変調部で生成された変調電気信号を得る高域通過フィルタ部とを備え、所定のバイアス点は、光強度変調部からの出力光パワーが最大時の半分になる電圧値と異なる。

【0017】第8および第9の発明では、光強度変調部の駆動バイアス点が、その出力光パワーが最大時の半分になる電圧値からずれているので、光信号には、伝送すべき電気信号の成分と、変調電気信号の成分とが含まれる。そのため、低域通過フィルタ部は、伝送すべき電気信号の成分を抽出することができ、高域通過フィルタ部は、変調電気信号の成分を抽出することができる。このように、光受信装置は、伝送すべき電気信号および変調電気信号を同時に得ることができる。また、光送信装置は、1個の光源のみを用いて、両方の信号を光受信装置に同時に光伝送することができるので、光伝送装置を低コストで構築することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】(第1の実施形態)図1は、本発

明の第1の実施形態に係る光伝送装置のブロック構成を示している。図1の光伝送装置では、光送信装置100と光受信装置200とが、光ファイバ300を通じて光伝送可能に接続されている。光送信装置100は、高周波発振器110と、電気変調部120と、光源130と、光強度変調部140とを含む。また、光受信装置200は、光分岐部210と、第1光受信部220と、第2光受信部230とを含む。第1光受信部220は、第1光電気変換部221と低域通過フィルタ部222とを含む。また、第2光受信部230は第2光電気変換部231と高域通過フィルタ部232とを含む。

【0019】以下、図1の光伝送装置の各部の動作を説明する。高周波発振器110は、予め定められた高周波数の副搬送波を電気変調部120に出力する。電気変調部120には、伝送すべき電気信号としてのベースバンド信号が外部から入力される。本実施形態では、ベースバンド信号はデジタル情報とする。電気変調部120は、副搬送波をベースバンド信号で変調して、変調電気信号を生成する。変調電気信号は、光強度変調部140に出力される。光源130は、典型的には半導体レーザで構成されており、予め定められた光周波数の無変調光を、主搬送波として発振する。主搬送波は光強度変調部140に出力される。光強度変調部140は、典型的にはマッハツェンダ型の構成を有する。光強度変調部140は、入力された主搬送波の強度を、電気変調部120からの変調電気信号で変調して、光信号を生成する。

【0020】ここで、図2は、光強度変調部140の入出力特性を示している。図2において、横軸は入力電圧を示し、縦軸は出力光パワーを示している。図2において、半波長電圧 V_{π} は、出力光パワーが0から最大値 P_{\max} まで変化する際の変域である。また、 $P_{\max}/2$ の出力光パワーは、 $\pi/2$ に相当する電圧値で得ることができる。ここで、光強度変調部140のバイアス点は、 $\pi/2$ に相当する電圧値から、予め定められた電圧値 σ だけずらされた値に設定される。図2は、バイアス点が $(\pi/2 + \sigma)$ の場合を示している。以上のようなバイアス点が選ばれる理由については後述する。

【0021】さて、光強度変調部140で生成された光信号は、光ファイバ300に出力される。光信号は、光ファイバ300中を伝送され、光受信装置200に入力される。光受信装置200に入力された光信号は、光分岐部210で2分岐される。分岐された一方の光信号(以下、第1の光信号と称す)は、第1光受信部220の第1光電気変換部221に入力される。分岐された他方の光信号(以下、第2の光信号と称す)は、第2光受信部230の第2光電気変換部231に入力される。まず、第1光受信部220での処理について説明する。第1光電気変換部221は、少なくとも、ベースバンド信号の成分を含む光周波数帯に応答する。第1光電気変換部221は、入力された第1光信号を電気信号(以下、

第1電気信号と称す)に変換して、低域通過フィルタ部222に出力する。低域通過フィルタ部222は、入力された第1電気信号から低域成分のみを抽出する。これによって、ベースバンド信号の成分が、低域通過フィルタ部222から出力される。

【0022】次に、第2光受信部230での処理について説明する。第2光電気変換部231は、少なくとも、変調電気信号を含む光周波数帯に応答する。第2光電気変換部231は、入力された第2光信号を電気信号(以下、第2電気信号と称す)に変換して、高域通過フィルタ部232に出力する。高域通過フィルタ部232は、入力された第2電気信号から高域成分のみを抽出する。これによって、変調電気信号の成分が、高域通過フィルタ部232から出力される。

【0023】以上のように、本光伝送装置によれば、サブキャリア光伝送により、1台の光源130のみを用いてベースバンド信号と高周波の変調電気信号とを同時に伝送することができる。さらに、第1光受信部220および第2光受信部230での光信号処理により、同時伝送されたベースバンド信号および高周波信号を別個に取

り出すことができる。以上の技術的效果が得られるのは、光強度変調部140のバイアス点を図2に示すように設定したからである。以下、数式を用いて、この技術的效果について説明する。

【0024】光源130から出力された光電界 $E_1(t)$ が、

【数1】

$$E_1(t) = E_1 \cos(\omega t) \quad \cdots (1)$$

であるとする。また、マッハツェンダー型光強度変調部120に印可された高周波信号の電圧 $V(t)$ が、

【数2】

$$V(t) = \varepsilon V_d \sin(\omega_1 t) \quad \cdots (2)$$

であるとする。ここで、電気変調部120が、0または1のデジタル信号で副搬送波をASK変調している場合には、 ε は0または1である。この時、光強度変調部140により生成された光信号の電界 $E_2(t)$ は次式(3)で表される。

【数3】

$$E_2(t) = \frac{E_1}{2} \cos(\omega t) + \frac{E_1}{2} \cos\{\omega t + k \sin(\omega_1 t) + \delta\} \quad \cdots (3)$$

ただし、 k は、 $k = (\pi \varepsilon(t) V_d) / (2V\pi)$ である。また、 $V\pi$ は、マッハツェンダー型の光強度変調部140の半波長電圧である(図2参照)。また、 δ は、マッハツェンダー型の光強度変調部140のバイアス点で

ある。

【0025】上式(3)を展開すると、次式(4)のようになる。

【数4】

$$\begin{aligned} E_2(t) &= \frac{E_1}{2} [\cos(\omega t) + \cos(\omega t + \delta) \cos\{k \sin(\omega_1 t)\} \\ &\quad - \sin(\omega t + \delta) \sin\{k \sin(\omega_1 t)\}] \\ &= \frac{E_1}{2} \left\{ \begin{aligned} &\cos(\omega t) + J_0(k) \cos(\omega t + \delta) \\ &- 2J_1(k) \sin(\omega_1 t) \sin(\omega t + \delta) \\ &+ 2J_2(k) \cos(2\omega_1 t) \cos(\omega t + \delta) + \cdots \end{aligned} \right\} \quad \cdots (4) \end{aligned}$$

ただし、 $J_0(k)$ は0次のベッセル関数であり、 $J_1(k)$ は1次のベッセル関数であり、さらに、 $J_2(k)$ は2次のベッセル関数である。また、 \cos

$\{k \sin(\omega t)\}$ および $\sin\{k \sin(\omega t)\}$ は、次式(5)および(6)のようになる。

【数5】

$$\cos\{k \sin(\omega t)\} = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos(2n\omega t) J_{2n}(k) \quad \cdots (5)$$

【数6】

$$\sin\{k \sin(\omega t)\} = \sum_{n=0}^{\infty} 2 \sin\{(2n+1)\omega t\} J_{2n+1}(k) \quad \cdots (6)$$

【0026】一般的に、マッハツェンダー型の光強度変調部の駆動バイアス点 δ は、従来の技術で説明したように、 $P_{\max}/2$ の光パワーが得られる電圧値($=\pi/$

2)に設定される。この条件を、上式(4)に代入して展開すると、

【数7】

$$E_2(t) = \frac{E_1}{2} \left\{ \begin{array}{l} \cos(\omega t) - J_0(k) \sin(\omega t) \\ -2J_1(k) \sin(\omega_1 t) \cos(\omega t) \\ +2J_2(k) \cos(2\omega_1 t) \sin(\omega t) + \dots \end{array} \right\} \dots (7)$$

となる。ただし、 $\tan^{-1} \theta = -1/J_0(k)$ である。上式(7)で表される光電界 $E_2(t)$ を、広帯域で応答する光電気変換部が電気信号に変換した際に得

られる光電流 $I(t)$ は、
【数8】

$$I(t) = \frac{\eta}{L} \left(\frac{E_1}{2} \right)^2 \{ 1 - 2J_1(k) \sin(\omega_1 t) \} \dots (8)$$

となる。ただし、 η は第1光電気変換部221の変換効率である。今、第1光電気変換部221が光周波数 ω を含む帯域で応答し、低域通過フィルタ部222が低域のみを抽出する場合を検討する。この場合、低域通過フィルタ部222からは、上式(8)で示される電流 $I(t)$ から $\sin(\omega_1 t)$ に相関する成分が除去される。そのため、低域通過フィルタ部222からの出力には変動成分が含まれない。ゆえに、低域通過フィルタ222か

ら、低域に含まれるはずのベースバンド信号の成分を得ることができない。

【0027】一方、本実施形態では、上述したように、光強度変調部140の駆動バイアス点 δ は $\pi/2 + \sigma$ に設定される。この条件を、上式(4)に代入して展開すると、

【数9】

$$E_2(t) = \frac{E_1}{2} \left\{ \begin{array}{l} \cos(\omega t) - J_0(k) \sin(\omega t + \sigma) \\ -2J_1(k) \sin(\omega_1 t) \cos(\omega t + \sigma) \end{array} \right\} \dots (9)$$

となる。また、上式(9)で示される光電界 $E_2(t)$ を、広帯域で応答する光電気変換部が電気信号に変換し

た際に得られる光電流 $I(t)$ は、
【数10】

$$I(t) = \frac{\eta}{L} \left(\frac{E_1}{2} \right)^2 \{ 1 - J_0(k) \sin \sigma - 2J_1(k) \cos \sigma \cdot \sin(\omega_1 t) - J_1^2(k) \cos 2\omega_1 t \} \dots (10)$$

となる。上式(10)から分かるように、 $J_0(k) \sin \sigma$ の成分は変動成分となるので、低域通過フィルタ部222は、ベースバンド信号の成分を得ることができる。また、 $2J_1(k) \cos \sigma \cdot \sin(\omega_1 t)$ が高周波信号の成分となり、高域通過フィルタ部232から得ることができる。なお、 $J_1^2(k) \cos(2\omega_1 t)$ は2次の高調波成分である。以上から明らかなように、本光伝送装置によれば、ベースバンド信号と高周波の変調電気信号とを同時に伝送することができる。

【0028】なお、光分岐部210は、図1の例では光受信装置200の最も前段に設置されていた。しかし、光分岐部210は、図3に示すように、光送信装置100側の光強度変調部140の後段に設置しても、図1の場合と同様の技術的效果を得ることができる。この場合、第1光信号は、光ファイバ301を通じて第1光電気変換部221に入力される。第2光信号は、光ファイバ300を通じて第2光電気変換部231に入力される。

【0029】(第2の実施形態) 図4は、本発明の第2の実施形態に係る光伝送装置のブロック構成を示している。図4の光伝送装置では、光送信装置100と光受信装置400とが、光ファイバ300を通じて光伝送可能

に接続されている。光送信装置100の構成は、第1の実施形態(図1参照)と同様であるため、その説明を省略する。光受信装置400は、光電気変換部410と、分岐部420と、低域通過フィルタ部430と、高域通過フィルタ部440とを含む。

【0030】以下、図4の光伝送装置における各部の動作を説明する。なお、光送信装置100の動作説明は、第1の実施形態で述べたものと同様であるため省略する。光強度変調部140で生成された光信号は、光ファイバ300中を伝送され、光受信装置400の光電気変換部410に入力される。光電気変換部410は、広い光周波数帯(つまり、ベースバンド信号および高周波信号の成分を含む光周波数帯)に広域で応答するように構成されている。光電気変換部410は、入力された光信号を電気信号に変換して、分岐部420に出力する。分岐部420は、入力された電気信号を少なくとも2分岐して、一方の電気信号を低域通過フィルタ部430に出力し、他方の電気信号を高域通過フィルタ部440に出力する。低域通過フィルタ部430は、入力された電気信号の内、低域成分のみを通過させる。これによって、ベースバンド信号の成分が、低域通過フィルタ部430から

出力される。高域通過フィルタ部440は、入力された電気信号の内、高域成分のみを通過させる。これによって、高周波の変調電気信号（つまり、副搬送波をベースバンド信号で変調した信号）の成分が、高域通過フィルタ部232から出力される。

【0031】以上の第2の実施形態の光伝送装置においても、光強度変調部140のバイアス点δが図2に示すように設定されるため、サブキャリア光伝送により、1台の光源130のみを用いてベースバンド信号と高周波信号とを同時に伝送することができる。さらに、第1光受信部220および第2光受信部230での光信号処理により、同時伝送されるベースバンド信号および高周波信号を別個に取り出すことができる。

【0032】なお、上記各実施形態の高域通過フィルタ部232または440の後段に、図5に示すようなアンテナ部500を設置してもよい。この場合、高域通過フィルタ部232または440で得られた高周波の変調電気信号を当該アンテナ部500へ導くことにより、上記各実施形態の光伝送装置と無線伝送システムとを容易に接続できる。

【0033】なお、以上の各実施形態では、デジタル情報を伝送する場合を説明した。しかし、本光伝送装置は、アナログ情報を光伝送しても良い。しかし、アナログ情報を副搬送波に乗せて光伝送すると、光電気変換部は典型的には光信号を自乗検波するため、2次高調波が妨害となる場合がある。そこで、光送信装置100側で、アナログ情報であるベースバンド信号をアナログ→デジタル変換し、これによって得られるデジタル情報を副搬送波に乗せて光伝送することが好ましい。光受信装置200または400は、このような光信号を光電気変換後にデジタル→アナログ変換する。これによって、光伝送装置は、高調波妨害を受けない高品質な情報を伝送できるようになる。

【0034】また、各実施形態では、電気変調部120には、ベースバンド信号が入力される例を説明した。しかし、ベースバンド信号を中間周波数の搬送波に所定の変調方式（振幅変調、周波数変調又は位相変調）を用いて予め乗せておく。そして、中間周波数の搬送波を変調して得られる信号が、電気変調部120に入力されても良い。この場合、電気変調部120は、高周波発振器110からの副搬送波に、変調された中間周波数の搬送波を乗せる。そのため、光受信装置200では、ベースバンド信号が乗っている中間周波数の搬送波と、これで副搬送波を変調した信号とを得ることができ、変調方式によらない光伝送が可能となる。なお、上記中間周波数は、高周波発振器110の発振周波数（副搬送波の周波数）よりも低い周波数に限定される。

【0035】また、各実施形態に係る光伝送装置では、互いに周波数の異なる中間周波数の搬送波を複数用意しておき、異なるベースバンド信号をそれぞれ異なる中間周波数の搬送波に乗せ、さらに周波数分割多重方式を採用することで、これらを一括して光伝送することができる。

【0036】また、各実施形態に係る光伝送装置に、時分割多重接続又は符号分割多重接続とを採用することにより、互いに異なるベースバンド信号を、1波の中間周波数の搬送波に多重して伝送することも可能となる。さらに、周波数分割多重接続と、時分割多重接続又は符号分割多重接続とを併用することにより、より多数の情報を多重して伝送することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光伝送装置のブロック構成を示している。

【図2】図1に示す光強度変調部140の入出力特性を示している。

【図3】図1の光伝送装置の他の構成例を示すブロック図である。

【図4】本発明の第2の実施形態に係る光伝送装置のブロック構成を示している。

【図5】第1または第2の実施形態の高域通過フィルタ部232または440の後段に設置されたアンテナ部500を示している。

【図6】従来の第1光伝送装置の典型的な構成を示すブロック図である。

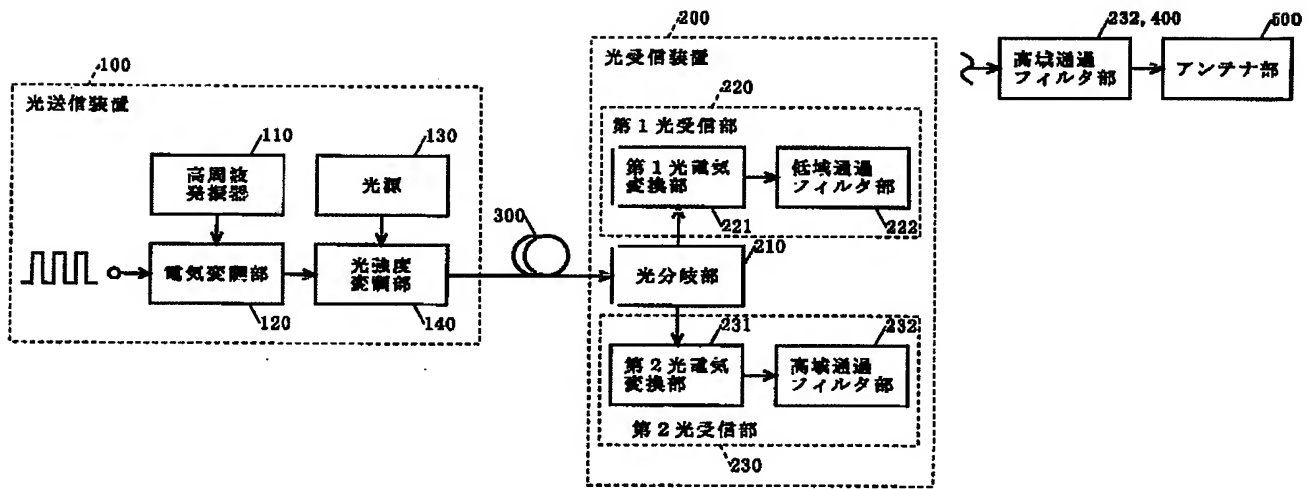
【図7】従来の第2光伝送装置の典型的な構成を示すブロック図である。

【図8】図7の光強度変調部740のバイアス点を説明するための図である。

【符号の説明】

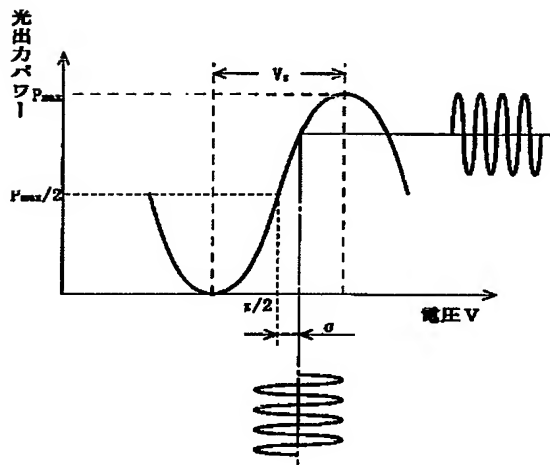
100…光送信装置
110…高周波発振器
120…電気変調部
130…光源
140…光強度変調部
200, 400…光受信装置
210…光分岐部
221…第1光電気変換部
222, 430…低域通過フィルタ部
231…第2光電気変換部
232, 440…高域通過フィルタ部
410…光電気変換部
420…分岐部
300, 310…光ファイバ
500…アンテナ部

【図1】

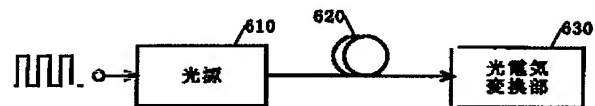


【図5】

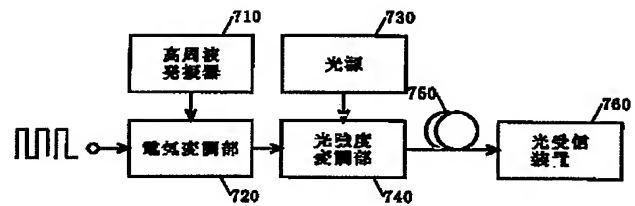
【図2】



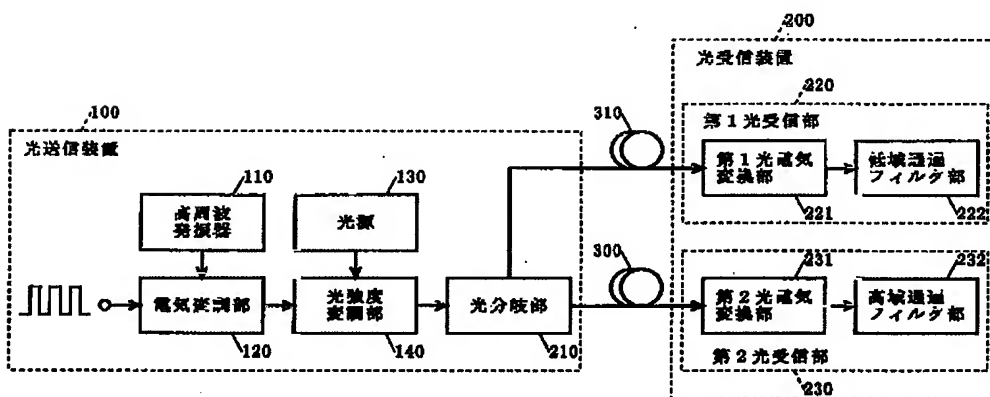
【図6】



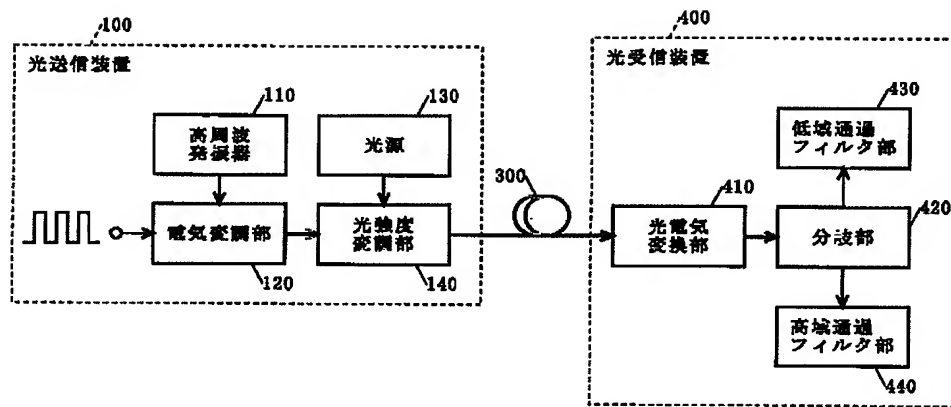
【図7】



【図3】



【図4】



【図8】

